

Aus dem Staatlichen Sanatorium Fürstenhof Bad Wildungen
Chefarzt: Dr. med. Zipp

und dem Institut für Arbeitsphysiologie und
Rehabilitationsforschung der Universität Marburg
Direktor: Professor Dr. med. G. Hildebrandt

HERZ-, KREISLAUF- UND ATMUNGSREAKTION WÄHREND PSYCHOVEGETATIVER
BELASTUNG AM WIENER DETERMINATIONSGERÄT IN ABHÄNGIGKEIT VON DER
VEGETATIVEN AUSGANGSLAGE

INAUGURAL - DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
des Fachbereiches Humanmedizin der Philipps-Universität
Marburg/Lahn

vorgelegt von
Barbara Bluttner geb. Kahlm

Marburg/Lahn 1975

Aus dem Staatlichen Sanatorium Fürstenhof Bad Wildungen
Chefarzt: Dr. med. Zipp

und dem Institut für Arbeitsphysiologie und
Rehabilitationsforschung der Universität Marburg
Direktor: Professor Dr. med. G. Hildebrandt

HERZ-, KREISLAUF- UND ATMUNGSREAKTION WÄHREND PSYCHOVEGETATIVER
BELASTUNG AM WIENER DETERMINATIONSGERÄT IN ABHÄNGIGKEIT VON DER
VEGETATIVEN AUSGANGSLAGE

INAUGURAL - DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
des Fachbereiches Humanmedizin der Philipps-Universität
Marburg/Lahn

vorgelegt von
Barbara Bluttner geb. Kahm

Marburg/Lahn 1975



Angenommen vom Fachbereich Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg an der Lahn
am: 22.7.75

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches Humanmedizin

Dekan:	Prof. Dr. med. H. Oepen
Referent:	Prof. Dr. med. G. Hildebrandt
Correferent:	Prof. Dr. med. Dr. phil. H. Remschmidt

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
I. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG	1
II. METHODIK	6
1. Allgemeine Übersicht	6
2. Versuchspersonen	6
3. Spezielle Untersuchungsmethoden	7
4. Versuchsanordnung und Versuchsverlauf	9
5. Auswertung	11
6. Statistische Methodik	14
III. ERGEBNISSE	16
1. Der Einfluß der vegetativen Ausgangslage	16
a. Aufgliederung nach dem Puls-Atem- Quotienten	16
b. Pulsfrequenz, Atemfrequenz und Blutdruck	16
c. EKG-Veränderungen	22
d. Reaktionsleistung	25
2. Koronarkranke und Koronargesunde	29
IV. DISKUSSION	35
1. Zur Methodik	35
2. Zu den Ergebnissen	39
V. ZUSAMMENFASSUNG	45
VI. LITERATURVERZEICHNIS	47



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552328_0068

I E I N L E I T U N G u n d F R A G E S T E L L U N G

Körperliche Belastungsproben gehören seit geraumer Zeit zur selbstverständlichen Routine bei der Untersuchung Herz- und Kreislaufkranker. Insbesondere durch die Ergebnisse der Sportmedizin wurde es möglich, die kardiovaskuläre Leistungsbreite bei Herzgesunden und -kranken auszutesten. Derartige körperliche Leistungsprüfungen, die heute meistens in Form der Fahrradergometrie durchgeführt werden, sind nicht nur von diagnostischer, sondern auch von therapeutischer Bedeutung. Ausgehend von der getesteten Leistungsfähigkeit kann man sowohl bei Herzgesunden wie auch bei einem Teil der Herzkranken ein tägliches Belastungsmaß verordnen und später durch ergometrische Kontrollen feststellen, daß sich durch eine derartige Trainingsbehandlung die körperliche Belastbarkeit steigern läßt.

Andererseits sind die beruflichen Tätigkeitsmerkmale unserer Industriegesellschaft zum überwiegenden Teil aber nicht durch körperliche, sondern durch mentale Belastung gekennzeichnet. Während der körperlichen Arbeit durch Muskelermüdung relativ enge Grenzen gesetzt sind, ist dies bei der mentalen Beanspruchung nicht in gleicher Weise der Fall. Übersteigt diese die vorhandene Kapazität, so kann es bei vorhandenem Leistungswillen oder bestehender Leistungsnotwendigkeit durch Ärger über das Unvermögen, vermehrten Willenseinsatz, durch Zeit- und Entscheidungsdruck zu einer emotionalen Belastung kommen, die das vegetative Gleichgewicht zur ergotropen Seite verschiebt. Arbeit unter Lärm und anderen sensorischen Einwirkungen, dissynchronisierte Tag - Nachtrhythmik, Monotonie am Arbeitsplatz und ähnliches verstärken noch die vegetativen Mitreaktionen vom sympathicotonen Typ (VALENTIN, 1972). Wenn auch diese, von den

Betroffenen vielfach als "Stress" empfundenen Erscheinungen in prinzipiell ähnlicher Weise wie körperliche Anstrengungen metabolische und kardiovaskuläre Reaktionen über vermehrte Freisetzung von Katecholaminen auslösen, so gilt der "stille Stress" als Risikofaktor, der "tätige" dagegen als Präventiv- und Rehabilitationsmaßnahme (KLENTSCH, zit. nach KRÜGER, 1967). Der unterschiedliche Effekt beruht vermutlich u.a. auf Veränderungen des Myokard-metabolismus, die durch die Skelettmuskeltätigkeit bewirkt werden. Von den beiden wichtigsten Katecholaminen zeichnet sich Noradrenalin durch seine Wirkung auf die peripheren Gefäße und den Kreislauf, Adrenalin durch seinen Wirkungsschwerpunkt auf Herz und Stoffwechsel aus. Vieles spricht dafür, daß bei emotionalem Stress eine Verschiebung in der Relation der beiden Hormone zu Gunsten des Adrenalin mit entsprechenden psychovegetativen Auswirkungen stattfindet (SIEGENTHALER, 1970). So fanden PEKKARINEN et al. sowie STARLINGER et al. (zit. n. KLIMMER et al., 1972), daß in Situationen mit hohem emotionalem Stress, wie akademischen und beruflichen Prüfungen, die Katecholaminausscheidung vornehmlich durch die Veränderung des Adrenalinanteils deutlich zunahm. Nach ULBRECHT (1974) wird bei Jet-Piloten infolge einer mental-emotionalen Leistungssteigerung Adrenalin am stärksten aktiviert. Noradrenalin- und Kortisolspiegel steigen zwar ebenfalls signifikant an, aber längst nicht so massiv wie Adrenalin. Die nach CANNON (1928, 1929) nur für den Notfall, z.B. Angriff oder Flucht, gedachte Bereitstellung von Katecholaminen kann bei dem unter ständigem Stress stehenden zivilisierten Menschen chronisch erfolgen, mißbraucht dann die neuro-hormonale Regulationsfähigkeit des Myokards langfristig und kann somit prospektiv zum Krankheitsfaktor werden (DELIUS, 1967). In diesem Zusammenhang zitieren GROTJAHN u. MENSEN (1973) in ihrem Übersichtsreferat " Was ist Stress? " den Fall eines Hochleistungssportlers, der bei der Ausübung seines Sportes

- also im körperlichen Stress - immer ein normales EKG hatte, wogegen er beim Autofahren - also im psychischen Stress - gravierende EKG-Veränderungen bekam (HOFFMANN, 1969).

Dem psychischen Stress kommt deshalb große Bedeutung zu, weil er von vielen Autoren für die Zunahme der Herz- und Kreislauferkrankungen, insbesondere solcher arteriosklerotischer und speziell koronarer Art, verantwortlich gemacht wird. Es scheint aber so zu sein, daß sich "Stress" nicht bei allen, die ihm ausgesetzt sind, krankmachend auswirkt. Dementsprechend spricht POLZIEN (1952) von einer "Organresonanz", die vorhanden sein muß, um den Stress pathogen werden zu lassen. GROTJAHN u. MENSEN (1973) nennen dies die "subjektive Empfänglichkeit" für Stress. Da außerdem auch die auslösende Dosis interindividuell und intraindividuell verschieden ist, kommen GROTJAHN u. MENSEN (1973) zu der Ansicht, daß "nur, wer sie austestet", den Spielraum kennt und sich danach richten kann.

Was die Empfänglichkeit für den Umweltstress angeht, so stellen ROSEMAN et al. (1966), CHRISTIAN (1966); HAHN (1971) einen bestimmten Verhaltenstyp als Risikopersönlichkeit im Hinblick auf den Herzinfarkt heraus.

Die Feststellung, für welches Individuum psychovegetative Belastung ("Stress") eine pathogene Bedeutung hat, ist auch aus folgendem Grunde von Wichtigkeit: Bei der sozial-medizinischen Beurteilung von Herzinfarktkranken nimmt man vielfach den betreffenden Patienten aus einer körperlich belastenden Tätigkeit heraus und schult z.B. einen Maurer zu einem Bauzeichner um. Dabei tauscht man körperliche Arbeit, die sich nach den bisherigen Erkenntnissen nicht nur präventiv sondern auch kurativ im Hinblick auf den Herzinfarkt bzw. einen evtl. Reinfarkt günstig auswirken kann, gegen mentale Beanspruchung mit der Möglichkeit einer erhöhten psychovegetativen Be-

lastung aus. Sollte in einem solchen Falle eine geringere psychovegetative Belastbarkeit, eine gesteigerte "Stress-empfindlichkeit" des Individuums oder eine spezielle "Organresonanz" des Herzens vorliegen, hätte man eine falsche Entscheidung getroffen.

Es erscheint daher sinnvoll, eine Versuchsanordnung zu konzipieren, bei der die Auswirkungen der psychovegetativen Belastung, wie sie insbesondere im modernen Arbeitsprozeß in Form von Zeit- und Entscheidungsdruck entsteht, auf Herz und Kreislauf beobachtet werden können. Da neben der individuellen Empfänglichkeit auch die Stressdosis eine Rolle spielt, sollte die gewählte psychovegetative Belastung nicht nur definiert und reproduzierbar sein, sondern auch dosierbar. Ein solcher apparativer "Stressor" bietet sich in Form des Wiener Determinationsgerätes (W.D.) an, das optische und akustische Signale in dosierbar raschem Wechsel gibt, die von dem Probanden unter Entscheidungsdruck innerhalb bestimmter zeitlicher Abstände beantwortet werden müssen. Dabei konnte auf Untersuchungen von TÄNZER et al. (1974) sowie WEYHMANN et al. (1974) zurückgegriffen werden, die am W.D. verschieden schwere Programmabläufe bezüglich ihrer Auswirkung auf Koronarkranke und vegetativ Labile getestet hatten. Es zeigte sich, daß die Herz- und Kreislaufveränderungen sowie die Reaktionsleistung mit der Schwere des Programms korrelierten. Beim Vergleich mit ergometrischen Belastungen wurden teilweise verschiedene Reaktionen auf körperliche und psychovegetative Belastung deutlich. EKG-Veränderungen zeigten von den Koronarkranken doppelt so viele (61 %) wie von den vegetativ Labilen (30.6 %).

Da anzunehmen ist, daß die subjektive Empfänglichkeit für Stress von der vegetativen Grundsituation des Betroffenen abhängt, haben wir unsere Patienten nicht nur wie TÄNZER et al. (1974) und WEYHMANN et al. (1974) in Koro-

narkranke und Nichtkoronarkranke eingeteilt, sondern auch die vegetative Ausgangslage mitbestimmt. Dazu haben wir Untergruppen nach dem Puls-Atem-Quotienten ($Q_{P/A}$) gebildet. Nach HILDEBRANDT (1953, 1960) gewährt die rhythmische Funktionsordnung von Puls und Atmung tiefere Einblicke in die individuelle Eigenart des rhythmisch-vegetativen Systems, wobei die methodisch so einfache Untersuchung des $Q_{P/A}$ "zu einem umfassenden Urteil über vegetative Stimmung" führt und zwar in dem Sinne, daß ein über die Norm (= 4) erhöhter $Q_{P/A}$ einer ergotropen Einstellung, ein erniedrigter (< 4) Quotient einer trophotropen Einstellung der vegetativen Regulation entspricht. Übereinstimmend damit hat HENTSCHEL (1960) bei einer Gruppe von Sympathikotonen ausschließlich erhöhte Puls-Atem-Quotienten, bei Vagotonen fast nur erniedrigte Werte gefunden.

II. METHODIK

1. Allgemeine Übersicht

Die Untersuchungen wurden am Patientengut einer Kurklinik, die sich in erster Linie mit der Rehabilitation von Herzinfarktreakonvaleszenten befaßt, durchgeführt. Der untersuchte Personenkreis gehörte zur Gruppe der Angestellten und war daher beruflich weniger körperlich als geistig gefordert. Verstärkte geistig-seelische Belastung wurde nahezu von allen Personen als Ursache für die zur Kur führenden Beschwerden angesehen. Alle Patienten, die, gleich aus welchen Gründen, einer Ergometrie unterzogen wurden, wurden auch einer psychovegetativen Belastung am Wiener Determinationsgerät zugeführt. Hierbei wurde darauf geachtet, daß alle Patienten männlichen Geschlechts und unter 55 Jahre alt waren, um vergleichbare Verhältnisse zu erlangen. Weitere Vorbedingung war, daß mindestens 1 Woche vor der Untersuchung kein Digitalispräparat genommen wurde, und daß zwischen den beiden Untersuchungen sonst keine Therapieänderung eintrat. Nach Möglichkeit wurden beide Untersuchungsarten nacheinander mit mindestens 15 min Erholungszeit, zumindest jedoch zur gleichen Tageszeit durchgeführt.

2. Versuchspersonen

Es wurden insgesamt 110 Personen der genannten Doppeluntersuchung in Form eines körperlichen (Fahrradergometrie) und eines psycho-vegetativen Belastungstests (Wiener Determinationsgerät) unterzogen. Sie wurden in zwei Krankheitsgruppen nach Koronarkranken und Nichtkoronarkranken aufgegliedert. Dabei ergaben sich 79 Patienten mit Koronarerkrankung und 31 Patienten, die nicht koronarkrank waren. Zur Gruppe der Koronarkranken zählten alle Patien-

ten mit Ischämiereaktionen bei der Ergometrie, ferner Patienten mit durchgemachtem Herzinfarkt, auch wenn sie z.Zt. der Kur keine subjektiven Beschwerden mehr aufwiesen, und schließlich solche, die ein typisches anginöses Syndrom nach Art der Bewegungsangina hatten. In die zweite Gruppe der Nichtkoronarkranken fielen Personen mit Hochdruck und vegetativer Dystonie, die uncharakteristische dyscardische Beschwerden äußerten und bei der Fahrradergometrie keine hypoxämischen EKG-Veränderungen zeigten.

Eine zweite Aufteilung des Krankengutes erfolgte nach dem Puls-Atem-Quotienten ($Q_{P/A}$), um ein Maß für die vegetative Ausgangslage zu haben. Dabei wurden 4 Gruppen gebildet, nämlich $Q_{P/A}$ unter 4.0, $Q_{P/A}$ zwischen 4.0 und 4.9, $Q_{P/A}$ zwischen 5.0 und 5.9, $Q_{P/A}$ über 6.0. Auf die erste Gruppe entfielen 22, auf die zweite 36, die dritte 28 und auf die vierte 24 Patienten.

Am Vortag der Belastungsprobe wurde die Untersuchung mit dem Patienten besprochen und dadurch eine positive Motivierung zu erzielen versucht. Rentenbewerber und sich ablehnend verhaltende Patienten schieden aus, so daß eine positive Zuwendung zum Untersucher, eine gute Mitarbeit und ein Wille zur Leistung vorausgesetzt werden konnten. Auffälligerweise wurden gegenüber der Ergometrie nur selten Vorbehalte geäußert, wohingegen solche gegenüber dem W.D. häufig waren. Oft mußten die Patienten erst dahingehend beruhigt werden, daß das Ergebnis des psychovegetativen Tests nicht versicherungsrechtlich verwertet würde.

3. Spezielle Untersuchungsmethoden

Die psychovegetative Belastung erfolgte mit Hilfe des Wiener Determinationsgerätes (Hersteller: Fa. Dr. G. Schufried, Mödling bei Wien). Dieses Gerät fand bisher fast ausschließlich in der experimentellen und ange-

wandten Psychologie Verwendung, z.B. in der medizinischen Psychologie, der Verkehrspsychologie und in der Psychopharmakologie (KLEBERSBERG 1960, 1961, 1962). Das Prinzip dieses Gerätes besteht darin, durch zeitgebundene Darbietung verschiedener optischer und akustischer Signale, die innerhalb bestimmter Intervalle unterschiedlich beantwortet werden müssen, die Situation eines Zeit- und Entscheidungsdruckes zu simulieren.

Optische Signale in den Farben weiß, rot, gelb, grün und blau müssen durch Niederdrücken der entsprechenden Farbtaste beantwortet werden, 2 weitere gesondert angeordnete weiße Lichtsignale durch Druck auf die rechte oder linke Fußtaste. Auf 2 Tonsignale schließlich, die durch Lautsprecher gegeben werden und in ihrer Tonhöhe auch von Unmusikalischen unterschieden werden können, muß der Proband durch Niederdrücken besonderer Ton-Antworttasten reagieren. Ein weiteres Lämpchen zwischen den Antworttasten leuchtet bei jeder falschen Reaktion auf.

Vier verschiedene Zählwerke zählen die dargebotenen Signale, die richtigen und zeitgerechten Reaktionen, die verspäteten sowie die falschen Reaktionen. Die Resultate werden von einem Digitaldrucker fortlaufend oder nach einer vorwählbaren Signalzahl ausgedruckt. Die Signalfolgegeschwindigkeit kann in 15 Stufen mit einem Fehler unter $\pm 2.5\%$ variiert werden, wobei die kürzeste Signaldauer 0.5 sec, die längste 3.0 sec beträgt.

Neben dem eigentlichen Testapparat, dem Wiener Determinationsgerät, wurden zur Registrierung der erforderlichen Parameter, wie bei der Ergometrie, ein EKG-Gerät (Firma Schwarzer, München-Pasing), ein gelochter Gummigurt, Plastik- und Silberplattenelektroden sowie ein Thermistor-Nasenfühler (PÖLLMANN u. HILDEBRANDT 1970)

zur Zählung der Atemzüge und ein Quecksilbermanometer zur Blutdruckmessung nach Riva Rocci verwendet. Mit dem EKG-Gerät war die Simultanschreibung von 3 Ableitungen möglich. Die Pulsfrequenz wurde durch Messung der R-Zackenabstände im EKG von mindestens 5 Herzrevolutionen erhalten. Die kontinuierliche Registrierung erfolgte optisch und akustisch über ein Kontrollgerät (Servocard, Fa. Hellige, Freiburg i.Br.). Über einen Digitaldrucker wurde die Atemfrequenz jede halbe Minute ausgedruckt.

Die Ergometrie führten wir auf einem wirbelstromgebremsten Fahrradergometer (Fa. Lode, Groningen/Holland) im Sitzen durch. Dabei mußte eine Pedalumdrehungszahl von 50/min eingehalten werden. Die Belastung, die auf jeder Stufe 2 min dauerte, wurde jeweils um 25 Watt, nach Möglichkeit bis mindestens 125 Watt, gesteigert.

4. Versuchsanordnung und Versuchsverlauf

Dem Probanden wurde der handbreite, gelochte Gummigurt, an dem insgesamt 7 Elektroden befestigt wurden, um den Thorax gelegt. Auf dem Rücken wurden die Sammelelektroden, auf der linken vorderen Brustwand die Elektroden für die Brustwandableitungen V 2, 4 und 5 nach Wilson angelegt. Dann wurde am linken Arm die Blutdruckmanschette befestigt und der Thermistorfühler in die Nase eingeführt und fixiert.

Die Untersuchung selbst wurde in einem ruhigen Raum unter Beisein des Untersuchers und einer Arzthelferin durchgeführt. Der Patient saß in entspannter Haltung vor dem Wiener Determinationsgerät, die Fuß- und Handschalter waren bequem zu erreichen.

Die einzelnen Meßgrößen (EKG, Pulsfrequenz, Atemfrequenz und Blutdruck) wurden zunächst nach einer 2 minütigen Vorphase registriert. Anschließend wurde dem Patienten das Gerät demonstriert und die Untersuchungsmethode er-

klärt. Zur Einübung wurden etwa 10 Impulse aus jedem Programm in langsamer Reihenfolge gegeben und beantwortet. Erst wenn der Patient die Aufgabe verstanden hatte, wurde die Untersuchung begonnen.

Für die psychovegetative Belastung wurde nicht das apparateigene Programm des W.D. verwendet, sondern auf die in früheren Untersuchungen von TÄNZER (1974) und WEYHMANN (1974) ausgearbeiteten Programme zurückgegriffen. Diese wurden als frei zusammengesetzte Signalkombinationen über ein Zusatzgerät in das Determinationsgerät eingegeben. Programm I setzte sich aus 2 optischen und 2 akustischen Reizqualitäten zusammen (rot und grün in verschiedenen Positionen, hoher und tiefer Ton). Jede Reizqualität mußte mit Druck auf eine entsprechende Taste beantwortet werden. Das Programm bestand aus einem Zyklus von 29 Impulsen, der sich ständig wiederholte bis zur Gesamtzahl von 400 Impulsen. Für Programm II, das gleichfalls insgesamt 400 Signale umfaßte, kam zusätzlich zur Grundeinheit des I. Programms ein zweiter Zyklus mit 29 optischen Signalen der Qualitäten gelb, weiß und 2 weißen Signalen auf schwarzem Grund zur Beantwortung mit dem rechten bzw. linken Fuß hinzu. Beide Programme wurden unmittelbar nacheinander geboten, und zwar innerhalb der Zeit von jeweils 6 Minuten. Bei Gabe von 400 Signalen liegt zwischen den einzelnen Reizen eine Zeit von 0.9 sec. Richtige zeitgerechte sowie richtige verspätete und falsche Reizantworten werden von dem Gerät automatisch registriert und fortlaufend getrennt gezählt. Die ausgelassenen Impulse werden als Differenz zur gegebenen Impulszahl errechnet. Zu Programmende wurde das Ergebnis protokolliert.

Zwischen dem Ablauf der Programme I und II lag eine Pause von 1 min. Die fortlaufend ausgedruckte Atemfrequenz wurde für die 3. und 6. Minute jedes Programmdurchlaufs ausgewertet. Die Pulsfrequenz wurde dem EKG entnommen, das jeweils nach 200 und 400 Impulsen bei beiden Pro-

grammen sowie 2 und 3 Minuten nach Beendigung des Versuchs geschrieben wurde. Zusätzlich lief über die gesamte 3. Minute des I. Programms ein langer EKG-Streifen mit einer Papiergeschwindigkeit von 10 mm/sec. Den Blutdruck maßen wir nach Riva Rocci nach 200 und 400 Impulsen jedes Programms sowie gleichfalls zweimal in der Erholungsphase nach der Belastung. Die Reaktionsleistungen der Patienten wurden wiederum für beide Signalprogramme getrennt abgelesen.

Zur Durchführung der ergometrischen Untersuchung blieben die Meßgeräte in der Regel angeschlossen, dann nahm der Patient nunmehr auf dem Fahrradergometer Platz. Auch hier erfolgten die Ruhemessungen nach 2 Minuten Vorperiode; davon wurde 1 Minute lang das EKG fortlaufend geschrieben. Dann führten wir die ansteigende Belastung in 25 Watt-Stufen jeweils über 2 Minuten durch. Bei der erwartungsgemäß vorletzten Belastungsstufe wurde über 6 Minuten getestet, um festzustellen, ob ein relatives steady state erreicht wurde. In der 2. Minute dieser Belastungsstufe wurde das EKG mit 10 mm Papiervorschub fortlaufend geschrieben. Bei deutlicher Ischämiereaktion, bei typischen anginösen Beschwerden oder bei allgemeiner Erschöpfung wurde die Ergometrie abgebrochen. In der Erholungsphase wurden EKG und Blutdruck nach 1/2, nach 1, nach 2, nach 3, nach 4, nach 6 und nach 8 Minuten registriert. Unabhängig von der EKG-Schreibung wurde das EKG laufend auf dem Oscilloskop des Monitors beobachtet. In gleicher Weise wie bei der psychovegetativen Belastung am W.D. wurden alle Befunde protokolliert.

5. Auswertung

Der Puls-Atem-Quotient wurde aus den Ruhewerten von Puls- und Atemfrequenz im Sitzen vor Beginn der psychovegetativen Belastung bestimmt.

Veränderungen der ST-Strecke und T-Welle im EKG wurden jeweils aus Messungen an drei bis fünf Kammerkomplexen entnommen, um Veränderungen, die durch Verschiebung der elektrischen Null-Linie und durch die Atmung erfolgten, zu kompensieren. Eine ST-Verlagerung wurde bei der Ergometrie nur dann als sicher gewertet, wenn der ST-Abgang ("junction point") $0.1 \text{ mV} = 1 \text{ mm}$ und mehr unter oder über dem PQ- oder Ausgangsniveau lag und der ST-Verlauf horizontal oder deszendierend war. Unter Belastung am W.D. sahen wir wegen des geringen Frequenzanstiegs auch schon ST-Verlagerungen von $0,05 \text{ mV}$ und mehr als pathologisch an. Änderungen der T-Wellenhöhe wurden nur dann berücksichtigt, wenn sie mehr als 1 mm ausmachten und die dazugehörige R-Zacke ihre Größe nicht änderte.

Die richtigen zeitgerechten, richtigen verspäteten und falschen Signalantworten wurden durch einen Digitaldrucker nach jedem Programmdurchgang als Gesamtsummen ausgedruckt.

Zur Verdeutlichung unseres Untersuchungsprogramms zeigt Abbildung 1 an zwei Patienten aus verschiedenen Gruppen des $Q_{P/A}$ das Verhalten von Herzfrequenz, Atemfrequenz, Blutdruck, T-Wellenveränderung, ST-Veränderung und Reaktionsleistung unter Belastung am Wiener Determinationsgerät.

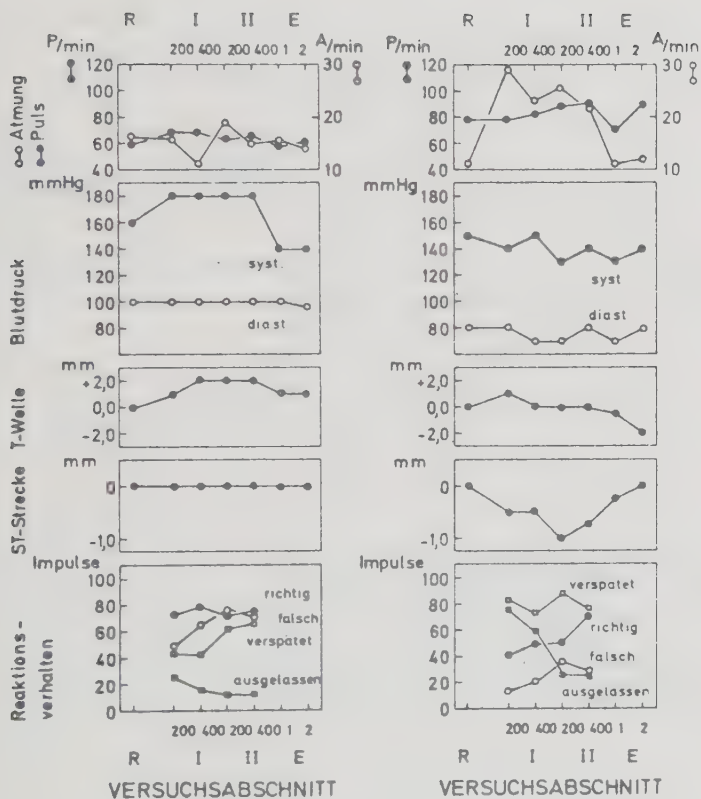


Abbildung 1 : Veränderungen von Herzfrequenz, Atemfrequenz, Blutdruck, T-Welle, ST-Streckenverlagerung und Reaktionsverhalten bei Belastung am W.D. am Beispiel von 2 Patienten aus unterschiedlichen Puls-Atem-Quotient-Gruppen.

6. Statistische Methodik

Die Mittelwerte ($\bar{x}$) wurden arithmetisch berechnet:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Die Standardabweichung (σ) der Meßwerte ergibt sich nach der Gleichung

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum x^2}{n - 1}}$$

wobei $\sum x^2$, die Summe der quadrierten Einzelabweichungen vom Mittelwert ($\bar{x}$) darstellt.

Der Standardfehler (σ_M) (mittlerer Fehler der Mittelwerte) ergibt sich aus der Gleichung

$$\sigma_M = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Der Variabilitätskoeffizient (VC) errechnet sich aus

$$VC = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100$$

Zur Signifikanzprüfung von Mittelwertdifferenzen verwendeten wir den t-Test unter Zugrundelegung der Student-Verteilung (DOCUMENTA GEIGY, Wiss. Tabellen 6. Aufl. 1960). Der Tabellenwert (t) zur Bestimmung der Irrtumswahrscheinlichkeit (p) ergibt sich dabei aus folgender Formel:

$$t = \frac{D}{\sigma_{MD}}$$

wobei die Differenz der Mittelwerte (D) nach der Formel

$$D = M_1 - M_2$$

und der mittlere Fehler der Differenz (σ_{MD}) nach der Formel

$$\sigma_{MD} = \sqrt{\sigma_{M_1}^2 + \sigma_{M_2}^2}$$

berechnet werden.

Korrelationen wurden als Produkt-Moment-Korrelationen (BRAVAIS-PEARSON) nach folgender Formel berechnet:

$$r = \frac{\sum (x - M_x) \cdot (y - M_y)}{\sqrt{\sum (x - M_x)^2 \cdot \sum (y - M_y)^2}}$$

Die mittlere Steilheit von Regressionen wurde anhand

der sog. Ausgleichsgeraden ($\frac{\partial y}{\partial x}$) berechnet (SALINGER 1926), um den Einfluß des Korrelations-Koeffizienten auszuschalten.

Für die Rechenoperationen verwendeten wir einen fest-programmierten elektronischen Tischrechner.

III. E R G E B N I S S E

1. Der Einfluß der vegetativen Ausgangslage

a. Aufgliederung nach dem Puls-Atem-Quotienten

Die Aufgliederung unseres Krankengutes nach dem Puls-Atem-Quotienten in Ruhe hatte das in Tabelle 1 dargestellte Ergebnis. Auch wenn man im Hinblick auf die Tageszeit der Untersuchungen und die sitzende Position der Patienten während der Messung den Normbereich des Quotienten mit 4.0 - 4.9 ansetzt (vergl. dazu SCHAEFER u. HILDEBRANDT 1954), sind Patienten mit erhöhtem Puls-Atem-Quotienten insgesamt mehr als doppelt so häufig vertreten wie solche mit erniedrigten Werten (47 bzw. 20 %). Wir haben daher die Gruppe mit erhöhtem Quotient nochmals unterteilt, um insgesamt 4 Gruppen mit ähnlichen Häufigkeiten vergleichen zu können.

b. Pulsfrequenz, Atemfrequenz und Blutdruck

Der durchschnittliche maximale Anstieg der Herzfrequenz (in Prozent der individuellen Ausgangswerte) unter der psychovegetativen Belastung am Wiener Determinationsgerät ist für die vier verschiedenen Teilgruppen mit unterschiedlichem Puls-Atem-Quotienten in Tabelle 2 (oberste Zeile) aufgeführt; wobei zugleich auch die mittleren Fehler der Mittelwerte sowie die Variabilitätskoeffizienten angegeben sind. Demnach stieg die Herzfrequenz in allen vier Gruppen um etwa 20 % an; die geringen Unterschiede waren statistisch nicht signifikant. Auffällig war allerdings die größere Variabilität im Ausmaß der Herzfrequenzzunahme bei den Gruppen mit erhöhtem Puls-Atem-Quotienten. Deutliche Unterschiede bestanden im Herzfrequenzverhalten der vier Teilgruppen unter psychovegetativer Belastung,

Puls-Atem-Quotient	Häufigkeit	
	n	%
unter 4.0	22	20
4.0 - 4.9	36	33
5.0 - 5.9	28	25
über 6.0	24	22
		47
insgesamt	110	100 %

Tabelle 1 : Aufgliederung der untersuchten Patienten in vier Gruppen mit unterschiedlichen Puls-Atem-Quotienten.

P u l s - A t e m - Q u o t i e n t						
	unter 4.0 n = 22	4.0 - 4.9 n = 36	5.0 - 5.9 n = 28	über 6.0 n = 24	Gesamt n = 110	
max. Änderung d. Herzfrequenz	$\bar{x}$				$\bar{x}$	
(% d. Ausgangsw.)	$\sum$				$\sum$	
	VC				VC	
max. Änderung d. Atemfrequenz	$\bar{x}$				$\bar{x}$	
(% d. Ausgangsw.)	$\sum$				$\sum$	
	VC				VC	
syst.	$\bar{x}$				$\bar{x}$	
max. Änderung d. Blutdruckes	$\sum$				$\sum$	
(% d. Ausgangsw.)	VC				VC	
diast.	$\bar{x}$				$\bar{x}$	
	$\sum$				$\sum$	
	VC				VC	

Tabelle 2 : Mittlere maximale Änderung von Herzfrequenz, Atemfrequenz und Blutdruckwerten in Prozent der Ruheaussgangswerte im Sitzen unter der psychovegetativen Belastung am Wiener Determinationsgerät in den vier Patientengruppen mit unterschiedlicher Höhe des Puls-Atem-Quotienten in Ruhe.

$\bar{x}$ = Mittelwert; $\sum$ = mittlerer Fehler des Mittelwertes; VC = Variabilitätskoeffizient.

wenn dieses nicht auf den Ruhewert vor der Belastung, sondern auf das Leistungspulsverhalten während der ergometrischen Belastung bezogen wurde. Dazu wurde die Herzfrequenz bei 100 Watt der maximalen Herzfrequenz während der Belastung am Wiener Determinationsgerät gegenübergestellt. In denjenigen Fällen, in denen die ergometrische Belastung nicht bis 100 Watt gesteigert werden konnte, wurde die entsprechende Herzfrequenz aus den Daten der niederen Belastungsstufen unter Annahme einer linearen Beziehung zwischen Leistung und Pulsfrequenz (vergl. MELLEROWICZ 1974) extrapoliert. Für die Regressionsrechnung mußten zwei dieser Fälle, die verschiedenen Teilgruppen des Puls-Atem-Quotienten angehörten, ausgeschieden werden, da die Extrapolationen unwahrscheinliche Extremwerte ergaben.

Abbildung 2 zeigt die als Ausgleichsgeraden (SALINGER 1926) berechneten mittleren Beziehungen zwischen der individuellen Arbeitspulsfrequenz bei 100 Watt und der maximalen Herzfrequenz unter der psychovegetativen Belastung für die vier Teilgruppen mit unterschiedlichen Puls-Atem-Quotienten. Die zugehörigen Korrelations-Koeffizienten sind gemeinsam mit den Steigungskoeffizienten der Ausgleichsgeraden ($\frac{\sum y}{\sum x}$) in der Abbildung zusammengestellt.

Die in Abbildung 2 miteingetragenen Schwerpunkte der Punktwolken lassen erkennen, daß im großen und ganzen sowohl die Arbeitspulsfrequenz als auch die Maximalpulsfrequenz bei psychovegetativer Belastung mit der Höhe des Puls-Atem-Quotienten zunehmen. Der scheinbare Widerspruch zu den geringen Gruppenunterschieden im Herzfrequenzanstieg bei psychovegetativer Belastung gegenüber dem Ruhewert (vergl. Tabelle 2) erklärt sich dadurch, daß die Ruheausgangswerte vor der psychovegetativen Belastung bei den Gruppen mit erhöhtem Puls-Atem-Quotienten

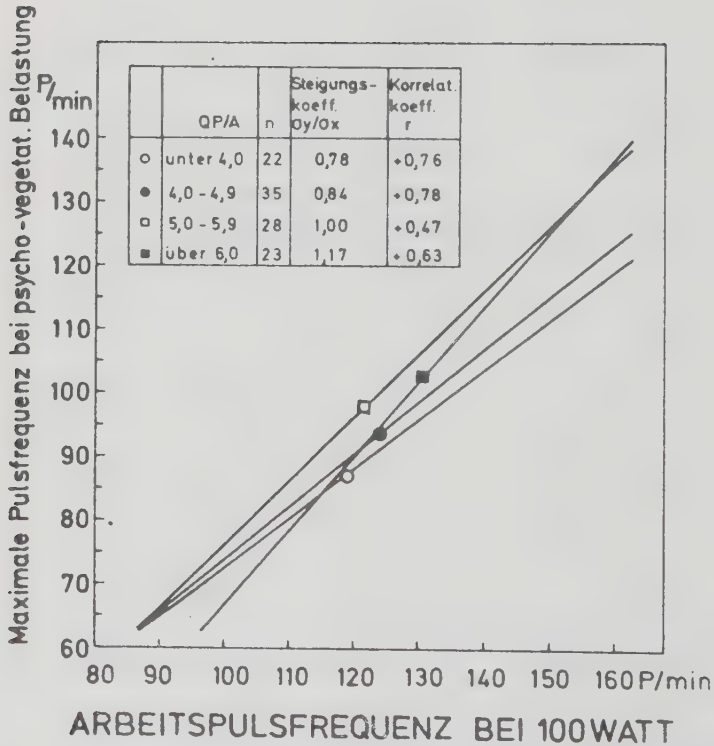


Abbildung 2 : Die Ausgleichsgeraden für die mittlere Beziehung zwischen der individuellen Arbeitspulsfrequenz bei 100 Watt ergometrischer Belastung und der maximal erreichten Herzfrequenz unter psychovegetativer Belastung am Wiener Determinationsgerät in den vier Patientengruppen mit unterschiedlichen Puls-Atem-Quotienten. Die eingefügte Tabelle enthält die Steigungskoeffizienten ($\frac{\Delta y}{\Delta x}$) sowie die zugehörigen Korrelationskoeffizienten (r).

signifikant höher lagen, und zwar insbesondere auch im Vergleich zum Ruheausgangswert vor der ergometrischen Belastung ($p < 0.05$). Dies spricht zugleich für einen größeren "Vorstart-Effekt" (vergl. SMIRNOW 1974) am Wiener Determinationsgerät bei den Patienten mit erhöhtem Puls-Atem-Quotienten. Auch die Steilheit der in Abbildung 2 dargestellten Ausgleichsgeraden nimmt mit höherem Puls-Atem-Quotienten zu, und zwar kontinuierlich von Gruppe zu Gruppe. Dies bedeutet, daß ein Proband bei psychovegetativer Belastung seine Pulsfrequenz im Bezug auf die bei 100 Watt Belastung erreichte Frequenz umso stärker steigert, je höher sein Puls-Atem-Quotient unter Ruhebedingungen ist. Demnach wächst also die Empfindlichkeit der Herzfrequenzreaktion gegenüber psychovegetativer Belastung mit dem Puls-Atem-Quotienten an. Daneben fällt auf, daß die in Abbildung 2 angegebenen Korrelations-Koeffizienten in den Gruppen mit höheren Puls-Atem-Quotienten abnehmen, was besagt, daß die Labilität dieser Beziehung zunimmt. Dies entspricht gut der bereits genannten größeren Variabilität der Herzfrequenzsteigerung (vergl. Tabelle 2).

Die Veränderungen der Atemfrequenz unter der psychovegetativen Belastung sind für die vier Teilgruppen in Tabelle 2 (zweite Zeile) angegeben. Der mittlere Anstieg der Atemfrequenz bewegt sich zwischen 50 und 112 % der Ausgangswerte und wird mit zunehmendem Puls-Atem-Quotienten kontinuierlich größer. Die Differenzen der Gruppenmittelwerte sind für alle nicht unmittelbar benachbarten Gruppen statistisch gut gesichert, für unmittelbar benachbarte war nur der Unterschied zwischen den Gruppen $Q_{P/A}$ unter 4.0 und $Q_{P/A}$ 4.0 - 4.9 signifikant ($p < 0.01$). Die kontinuierliche Zunahme der Atemfrequenzsteigerung mit höherem Puls-Atem-Quotienten bleibt auch bestehen, wenn die absoluten Anstiege gewertet werden. Im Gegensatz zum Herzfrequenzverhalten ist die Variabilität der Atemfrequenzsteigerung nicht vom Puls-Atem-Quotienten abhängig.

Die maximalen Reaktionen des systolischen Blutdruckes liegen mit durchschnittlich + 17,3 % des Ruheausgangswertes etwa in der gleichen Größenordnung wie die Herzfrequenzanstiege und unterscheiden sich in den einzelnen Teilgruppen ebenfalls nur geringfügig voneinander. Die maximalen Reaktionen des diastolischen Blutdruckes während der Belastung am Wiener Determinationsgerät lagen im Gruppendurchschnitt zwischen + 10.5 und + 13.7 %, wobei eine Tendenz zur Abnahme der Reaktionsamplitude mit höheren Werten des Puls-Atem-Quotienten sichtbar wird. Die Differenz der Gruppenmittelwerte ließ sich aber auch beim Vergleich der extremen Gruppen nicht statistisch sichern.

Insgesamt findet sich also für das Verhalten der gemessenen vegetativen Parameter eine mit höherem Puls-Atem-Quotienten zunehmende Empfindlichkeit und Labilität der Reaktion auf die psychovegetative Belastung, die sich sowohl im Verhalten der Herzfrequenzzunahme im Vergleich zur ergometrischen Belastung und in ihrer Variabilität anzeigt als auch im besonderen Maße im größeren Anstieg der Atemfrequenz deutlich wird.

c. EKG-Veränderungen

Wie die Zusammenstellung der Ergebnisse in Tabelle 3 zeigt, wurden bei der psychovegetativen Belastung ischämische ST-Veränderungen in 13 Fällen (= 11.8 %) beobachtet, wovon 5 sichere (über 0.1 mV) Veränderungen darstellten. Veränderungen der T-Wellenhöhe wurden bei 29 Patienten (= 26.3 %) gefunden, wobei es sich in mehr als 75 % dieser Fälle um T-Erhöhungen handelte. Gehäufte Extrasystolen traten bei 6 Untersuchungen (= 5.5 %) auf.

Die entsprechenden Ergebnisse bei der ergometrischen Belastung sind zum Vergleich im unteren Teil der Tabelle 3 zusammengestellt. Daraus ergibt sich, daß ischämische ST-Veränderungen mit 21.8 % der Fälle fast doppelt so

			Puls - Atem - Quotient				
Gesamt n = 110			unter 4.0 n = 22	4.0 - 4.9 n = 36	5.0 - 5.9 n = 28	über 6.0 n = 24	
Psychovegetative Belastung	ischämische ST-Veränderungen	sicher n %	5 38,5 8 11,8 61,5	0 0,0 0 0	2 50,0 2 11,1 50,0	3 75,0 1 14,3 25,0	3 60,0 2 20,8 40,0
	T-Veränderungen	Hebung n %	22 75,9 7 26,3 24,1	3 75,0 1 18,2 25,0	7 63,6 4 30,6 36,4	8 88,9 1 32,1 11,1	4 80,0 1 20,8 20,0
	Extrasystolie	n %	6 5,5	1 4,5	2 5,6	2 7,1	1 4,2
	ohne EKG-Veränderungen	n %	74 67,3	18 81,8	21 58,3	17 60,7	18 75,0
	=====						
Ergometrische Belastung	ischämische ST-Veränderungen	sicher n %	23 95,8 1 21,8 4,2	5 83,3 1 27,3 16,7	7 100,0 0 19,4 0,0	3 100,0 0 10,7 0,0	8 100,0 0 33,3 0,0
	T-Veränderungen	Hebung n %	11 64,7 6 15,5 35,3	1 50,0 1 9,1 50,0	4 57,1 3 19,4 42,9	2 50,0 2 14,3 50,0	4 100,0 0 16,7 0,0
	Extrasystolie	n %	5 4,5	1 4,5	2 5,6	2 7,1	0 0,0
	ohne EKG-Veränderungen	n %	80 72,7	16 72,7	26 72,7	22 78,6	16 66,7
	=====						

Tabelle 3 : Absolute und prozentuale Häufigkeiten von verschiedenen EKG-Veränderungen während psychovegetativer (oben) und ergometrischer Belastung (unten) in der Gesamtgruppe sowie in den vier Teilgruppen mit unterschiedlicher Höhe des Puls-Atem-Quotienten in Ruhe.

häufig beobachtet wurden als bei psychovegetativer Belastung, wobei fast ausschließlich Veränderungen über 0.1 mV erreicht wurden. Veränderungen der T-Wellenhöhe traten dagegen bei ergometrischer Belastung mit nur 15.5 % der Fälle wesentlich seltener auf als bei der Belastung am Wiener Determinationsgerät (wobei der Anteil der Fälle mit T-Erhöhungen nur wenig geringer war (65 %)). Die Häufigkeit von Extrasystolien war bei der ergometrischen Untersuchung praktisch gleich groß.

Bemerkenswert war auch, daß der Anteil der Patienten, die keinerlei auffällige EKG-Veränderungen erkennen ließen, bei beiden Belastungsformen annähernd gleich groß war.

Die Aufgliederung der genannten EKG-Veränderungen für die einzelnen Teilgruppen mit unterschiedlicher Ausgangslage des Puls-Atem-Quotienten ergibt als auffälligsten Befund, daß die Häufigkeit ischämischer ST-Veränderungen unter der psychovegetativen Belastung mit steigendem Puls-Atem-Quotienten stark zunimmt, indem in der Teilgruppe $Q_{P/A}$ unter 4.0 überhaupt keine Fälle dieser Art auftraten, im Gegensatz zu 20.8 % in der Teilgruppe $Q_{P/A}$ über 6.0. Dieser Befund wird dadurch unterstrichen, daß gleichzeitig der Anteil stärker ausgeprägter ST-Verlagerungen (über 1.0 mV) anwächst. Demgegenüber findet sich für die Häufigkeit von ST-Verlagerungen während ergometrischer Belastung keine solche Abhängigkeit von der Höhe des Puls-Atem-Quotienten.

Die Häufigkeit der T-Wellenveränderungen zeigt weder unter psychovegetativer noch unter ergometrischer Belastung eine kontinuierliche Beziehung zum Puls-Atem-Quotienten. Es fällt aber auf, daß das Häufigkeitsmaximum eher in den mittleren Teilgruppen liegt, während das Minimum bei beiden Belastungsarten in der Gruppe $Q_{P/A}$ unter 4.0 zu finden ist. Das geringe Überwiegen von T-Wellenerhöhung bei der psychovegetativen Belastung ist ziemlich gleichmäßig auf alle Teilgruppen verteilt.

Die Häufigkeitsverteilung der Extrasystolien auf die vier Teilgruppen ergibt so geringe Zahlen, daß eine vergleichende Auswertung nicht möglich ist. Auch der Vergleich der Häufigkeiten ohne jegliche EKG-Veränderungen ergibt bei beiden Belastungsformen keine wesentlichen Gesichtspunkte.

Bezüglich der beobachteten T-Wellenveränderungen unter der psychovegetativen Belastung wurde noch gesondert geprüft, in welcher Beziehung die Veränderungen zum Verhalten der Herzfrequenz standen. In Abbildung 3 sind für 7 Patienten mit T-Wellenabflachungen und die 22 Patienten mit T-Wellenerhöhungen die mittleren Verläufe der T-Wellenänderung und der Herzfrequenzanstiege in Prozent der Ruheausgangswerte über den ganzen Versuchsablauf hin, vergleichend dargestellt. Es ergibt sich, daß die Pulsfrequenzsteigerung der Fälle mit T-Abflachung praktisch während aller Abschnitte der psychovegetativen Belastung höher liegt, als in der Gruppe mit T-Erhöhungen. Dieser Befund entspricht in gewisser Weise dem relativ höheren Anteil von T-Wellenabflachungen bei der ergometrischen Belastung, wo ja durchweg wesentlich höhere Pulsfrequenzsteigerungen erzielt werden als am Wiener Determinationsgerät.

Insgesamt tritt also eine gesteigerte Anfälligkeit der Patienten mit höherem Puls-Atem-Quotienten für pathologische EKG-Veränderungen unter einer psychovegetativen Belastung hervor.

d. Reaktionsleistung

Die Ergebnisse der Auszählung richtiger zeitgerechter, richtiger verspäteter, falscher und ausgelassener Signalantworten sind für beide Programmdurchläufe sowie für die vier Teilgruppen des Puls-Atem-Quotienten getrennt in Tabelle 4 zusammengestellt. Die Reaktionsleistung war ins-

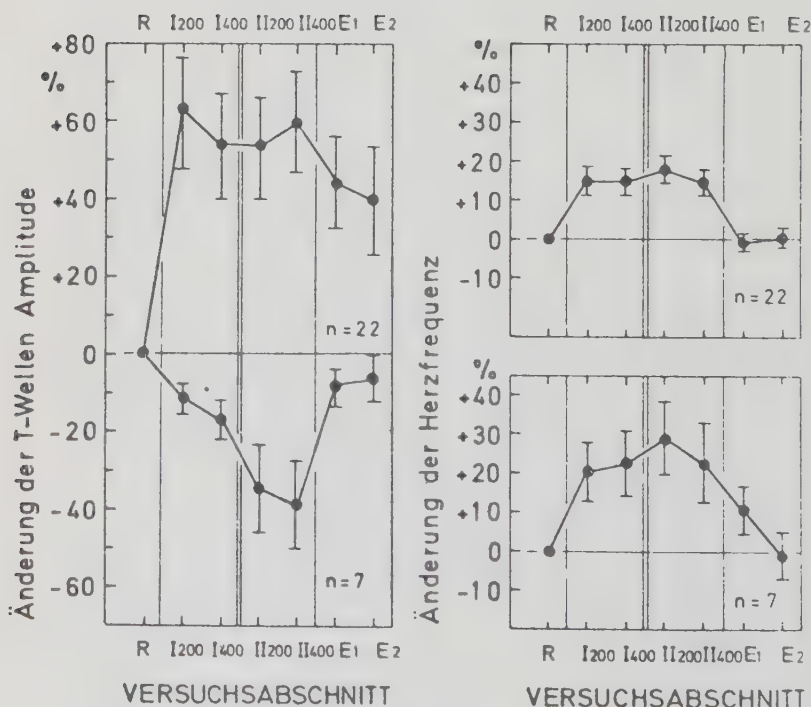


Abbildung 3 : Mittlere Veränderungen von T-Wellen-Amplitude und Herzfrequenz in Prozent der Ruheausgangslage mit mittlerem Fehler des Mittelwertes ($\leq M$) in den beiden Gruppen mit unterschiedlichem T-Wellen-Verhalten während der psychovegetativen Belastung.

P u l s - A t e m - Q u o t i e n t

	unter 4.0 n = 22	4.0-4.9 n = 36	5.0-5.9 n = 28	über 6.0 n = 24	Gesamt n = 110
I					
richtig	$\bar{x}$ 163.14 σ_M 12.46 VC 35.82	200.03 13.21 39.64	166.54 10.40 33.04	182.29 16.28 43.75	$\bar{x}$ 180.26 σ 70.75 VC 39.25
verspätet	$\bar{x}$ 128.45 σ_M 10.04 VC 36.65	121.08 7.68 38.05	127.07 5.76 23.99	117.75 8.88 36.95	$\bar{x}$ 123.41 σ 39.05 VC 31.64
falsch	$\bar{x}$ 39.23 σ_M 6.76 VC 80.82	28.74 3.10 64.63	38.25 4.96 68.64	36.54 6.83 91.52	$\bar{x}$ 34.70 σ 27.08 VC 78.04
ausgelassen	$\bar{x}$ 69.82 σ_M 7.47 VC 50.19	53.66 5.72 64.02	69.39 6.40 48.83	64.04 10.41 79.63	$\bar{x}$ 62.67 σ 38.99 VC 62.21
II					
richtig	$\bar{x}$ 184.82 σ_M 12.93 VC 32.83	215.33 10.10 28.16	200.11 8.73 23.07	198.21 13.31 32.91	$\bar{x}$ 201.85 σ 58.66 VC 29.06
verspätet	$\bar{x}$ 118.09 σ_M 5.50 VC 21.86	112.42 6.60 35.24	115.79 5.86 26.79	113.50 8.37 36.12	$\bar{x}$ 114.65 σ 35.07 VC 30.59
falsch	$\bar{x}$ 46.68 σ_M 6.46 VC 64.91	47.11 4.23 53.91	49.21 5.48 58.91	44.54 5.71 51.75	$\bar{x}$ 47.00 σ 26.59 VC 56.57
ausgelassen	$\bar{x}$ 50.18 σ_M 7.52 VC 70.32	32.03 3.86 72.26	37.64 5.28 74.28	45.33 8.99 97.18	$\bar{x}$ 39.41 σ 32.74 VC 83.07

Tabelle 4: Mittlere maximale Häufigkeit der richtigen, verspäteten, falschen und ausgelassenen Signalantworten für je 400 Signale in beiden Programmen, aufgegliedert nach den vier Teilgruppen des Puls-Atem-Quotienten und in der Gesamtzahl.

gesamt durchschnittlich mit 180 richtigen Reaktionen im Programm I (4 Signalqualitäten) statistisch signifikant niedriger als im schwierigeren Programm II (8 Signalqualitäten), wo 202 richtige Antworten erzielt wurden ($p < 0.05$). Dieser Befund deutet auf einen nicht geringen Lerneffekt am Wiener Determinationsgerät, wobei sich der Zuwachs an richtigen zeitgerechten Reaktionen aus einer Verminderung der richtigen verspäteten und ausgelassenen bei gleichzeitiger Erhöhung der Zahl der falschen Reaktionen rekrutiert. In beiden Programmen erzielte die Gruppe $Q_{P/A}$ 4.0 - 4.9, d.h. die mit Quotientwerten im Normalbereich, den höchsten Anteil richtiger Antworten. Die Differenzen zu den Nachbargruppen waren im Programm I beide statistisch signifikant ($p < 0.05$), während im Programm II nur der Unterschied zur niedrigeren $Q_{P/A}$ -Klasse im weiteren Bereich der statistischen Sicherungsgrenze lag ($p < 0.08$). Die durchschnittlichen Lerneffekte (Differenz der richtigen Reaktionen zwischen Programm I und II) in den vier Teilgruppen zeigten keine systematische Beziehung zum Puls-Atem-Quotienten. Bezüglich der Häufigkeit ausgelassener Antworten findet sich für beide Programmdurchläufe das Optimum mit der geringsten Zahl von Auslassungen gleichfalls in der Gruppe mit Puls-Atem-Quotienten im Normalbereich. Die Mittelwertunterschiede zwischen der Teilgruppe $Q_{P/A}$ 4.0 - 4.9 und $Q_{P/A}$ unter 4.0 sind für das Programm II statistisch gesichert ($p < 0.05$), für Programm I bleibt die Irrtumswahrscheinlichkeit unter 10 %. Zu den höheren $Q_{P/A}$ -Gruppen war der Unterschied nur im Programm I und zur Teilgruppe $Q_{P/A}$ 5.0 - 5.9 an der Grenze der statistischen Sicherheit ($p < 0.10$).

Insgesamt ist damit festzustellen, daß sich die Patienten mit normalem Puls-Atem-Quotienten in ihren durchschnittlichen Reaktionsleistungen deutlich gegenüber den anderen Teilgruppen herausheben.

2. Koronarkranke und Koronargesunde

Da für die Beurteilung der Herz-Kreislaufverhältnisse auch die Kenntnis der klinischen Diagnose von Wichtigkeit sein kann, wurden im folgenden alle Befunde auch für Patienten mit und ohne Koronarkrankheit getrennt dargestellt.

Die 79 Koronarkranken und 31 Nichtkoronarkranken unterschieden sich hinsichtlich der durchschnittlichen Höhe des Puls-Atem-Quotienten mit 5.20 bzw. 5.33 praktisch nicht voneinander.

Die mittleren Veränderungen von Herzfrequenz, Atemfrequenz und Blutdruckwerten sind in Tabelle 5 für die beiden Diagnosegruppen zusammengestellt. Sie lassen keinerlei signifikante Differenzen erkennen.

Über die Häufigkeitsverhältnisse der verschiedenen EKG-Veränderungen in den beiden Diagnosegruppen unter psychovegetativer und ergometrischer Belastung gibt Tabelle 6 einen Überblick, wobei die sicheren und verdächtigen ST-Verlagerungen zusammengezogen und auf eine Unterscheidung von T-Wellenhebungen und -abflachungen verzichtet wurde. Ohne auf alle Einzelheiten einzugehen, die zudem infolge der starken Aufgliederung des Kollektivs keine hinreichend sichere Beurteilung erlauben, sei als wesentlicher Befund hervorgehoben, daß sich die kontinuierliche Häufigkeitszunahme von ischämischen ST-Verlagerungen mit steigendem Puls-Atem-Quotienten auch in der Gruppe der Koronarkranken alleine findet, ferner, daß sich bei Koronargesunden am W.D. im Gegensatz zu Koronarkranken keine Extrasystolen provozieren lassen. Auch die Extrasystolierate steigt - ebenso wie die Anzahl der T-Wellenveränderungen - mit zunehmendem Puls-Atem-Quotienten an, wenn man von der extremen Gruppe $Q_{P/A}$ über 6.0 absieht. Die starken Häufigkeitsunterschiede in den ischämischen EKG-Zeichen bei ergometrischer Belastung zwischen den beiden Diagnose-

		Koronar - kranke n = 79	Koronar - gesunde n = 31
max. Änderung	$\bar{x}$	+ 20.38	+ 17.87
d. Herzfrequenz	$\mathcal{G}_M$	1.49	2.61
(% d. Ausgangswerte)	VC	65.10 %	81.19 %
max. Änderung	$\bar{x}$	+ 78.08	+ 90.45
d. Atemfrequenz	$\mathcal{G}_M$	5.51	10.03
(% d. Ausgangswerte)	VC	62.70 %	61.76 %
systolisch	$\bar{x}$	+ 16.34	+ 19.68
	$\mathcal{G}_M$	1.11	1.93
max. Änderung	VC	60.16 %	81.19 %
d. Blutdrucks	$\bar{x}$	+ 12.86	+ 11.87
(% d. Ausgangswerte)	$\mathcal{G}_M$	1.32	2.25
diastolisch	VC	91.08 %	105.55 %

Tabelle 5 : Mittlere maximale Änderung von Herzfrequenz, Atemfrequenz und Blutdruckwerten in Prozent der Ruheausgangswerte im Sitzen unter der psychovegetativen Belastung am Wiener Determinationsgerät in den beiden Diagnosegruppen Koronarkranke und Koronargesunde.

$\bar{x}$ = Mittelwert

$\mathcal{G}_M$ = mittlerer Fehler des Mittelwertes

VC = Variabilitätskoeffizient.

		Gesamt n = 79	Puls - Atem - Q u o t i e n t				
			unter 4.0 n = 18	4.0 - 4.9 n = 28	5.0 - 5.9 n = 16	über 6.0 n = 17	
Psychovegetative Belastung	Koronarkranke	ischämische ST-Veränderungen	n 9 11.4	n 3 10.7	n 2 12.5	n 4 23.5	
		T-Veränderungen	n 22 27.8	n 10 35.7	n 6 37.5	n 2 11.8	
		Extrasystolie	n 6 7.6	n 2 7.1	n 2 12.5	n 1 5.9	
		ohne EKG- Veränderungen	n 50 63.3	n 14 50.0	n 9 56.3	n 13 76.5	
		n = 31	n = 8	n = 12	n = 7		
	Koronargesunde	ischämische ST-Veränderungen	n 4 12.9	n 1 12.5	n 2 16.7	n 1 14.3	
		T-Veränderungen	n 7 22.6	n 1 12.5	n 4 33.3	n 2 28.6	
		Extrasystolie	n 0 0.0	n 0 0.0	n 0 0.0	n 0 0.0	
		ohne EKG- Veränderungen	n 24 77.4	n 7 87.5	n 8 66.7	n 5 71.4	

Tabelle 6 : Fortsetzung und Legende sh. nächste Seite.

Ergometrische Belastung		Gesamt n = 79	Puls - Atem - Quotient				
			unter 4.0 n = 18	4.0 - 4.9 n = 28	5.0 - 5.9 n = 16	über 6.0 n = 17	
Koronarkranke	ischämische ST-Veränderungen	23 29.1	5 27.8	8 28.6	3 18.8	7 41.2	
	T-Veränderungen	16 20.3	1 5.6	7 25.0	4 25.0	4 23.6	
	Extrasystolie	3 3.8	1 5.6	2 7.1	0 0.0	0 0.0	
	ohne EKG- Veränderungen	52 65.8	13 72.2	17 60.7	12 75.0	10 58.8	
		n = 31	n = 4	n = 8	n = 12	n = 7	
Koronargesunde	ischämische ST-Veränderungen	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	
	T-Veränderungen	1 3.2	1 25.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	
	Extrasystolie	2 6.5	0 0.0	0 0.0	2 16.7	0 0.0	
	ohne EKG- Veränderungen	28 90.3	3 75.0	8 100.0	10 83.3	7 100.0	

Tabelle 6 : Absolute und prozentuale Häufigkeit von verschiedenen EKG-Veränderungen während psychovegetativer (S.31) und ergometrischer Belastung (S.32), unterteilt nach den beiden Diagnosegruppen Koronarkranke und Koronargesunde sowohl für die Gesamtgruppe als auch die vier Teilgruppen mit unterschiedlichen Puls-Atem-Quotienten in Ruhe.

gruppen bedürfen keiner besonderen Erläuterung.

Die durchschnittlichen Reaktionsleistungen der beiden Diagnosegruppen sind in Tabelle 7 zum Vergleich zusammengestellt. Hier finden sich wiederum keine statistisch relevanten Differenzen zwischen beiden Teilgruppen.

Der Vergleich zwischen Koronarkranken und -gesunden ergibt demnach als wichtigsten Befund, daß der Einfluß der vegetativen Reaktionslage auf die Häufigkeit ischämischer EKG-Veränderungen bei psychovegetativer Belastung, beurteilt am Puls-Atem-Quotienten, auch bei den manifest koronarkranken Patienten in der vorher beschriebenen Weise wirksam ist.

			Koronarkranke n = 79	Nichtkoronarkranke n = 31
P r o g r a m m	I	richtig	$\bar{x}$ 183.71 σ_M 8.59 VC 41.58	166.71 10.72 35.80
		spät	$\bar{x}$ 121.60 σ_M 4.56 VC 33.36	129.52 6.33 27.23
		falsch	$\bar{x}$ 33.29 σ_M 2.97 VC 79.28	38.29 5.19 75.44
		fehlend	$\bar{x}$ 60.83 σ_M 4.47 VC 65.29	67.35 6.70 55.37
	II	richtig	$\bar{x}$ 203.01 σ_M 6.94 VC 30.40	198.84 9.12 25.53
		spät	$\bar{x}$ 114.27 σ_M 4.75 VC 36.96	115.61 5.30 25.54
		falsch	$\bar{x}$ 47.94 σ_M 3.05 VC 56.52	44.61 4.67 58.30
		fehlend	$\bar{x}$ 38.39 σ_M 3.59 VC 83.17	42.00 6.32 83.82

Tabelle 7 : Mittlere absolute Häufigkeit der richtigen, verspäteten, falschen und ausgelassenen Signalantworten für je 400 Signale in beiden Programmen, aufgliedert nach den beiden Diagnosegruppen.

IV. DISKUSSION

1. Zur Methodik

Zunächst muß betont werden, daß die vorliegenden Untersuchungen an einem verhältnismäßig kleinen Material durchgeführt wurden, so daß die einzelnen Gruppen, auf deren Vergleich es uns ankam, teilweise sehr geringe Häufigkeiten bieten. Trotzdem scheint es uns berechtigt, die erkennbaren Tendenzen aufzuzeigen.

Für den Puls-Atem-Quotienten liegen, wie bereits erwähnt, umfangreiche Erfahrungen darüber vor, daß dieser Parameter zur Charakterisierung der vegetativen Ausgangslage sowie zur Reaktionsprognostik geeignet ist (HILDEBRANDT, 1953, 1962; HENTSCHEL, 1960; SCHERF, 1958; STREMPER u. HILDEBRANDT, 1974; NUNHÖFER, 1974).

Zur Sicherheit haben wir aus den von uns erhobenen Daten auch einen weiteren Parameter zur Bestimmung der vegetativen Ausgangslage mitberechnet, und zwar den sog. Vegetativen Index nach KERDÖ (1966). Diesen verglichen wir bei allen 110 Patienten mit dem individuellen Wert des Puls-Atem-Quotienten. Es ergab sich die zu erwartende positive Korrelation. Der Korrelations-Koeffizient erreichte mit $r = + 0.23$ zwar eine statistisch gut gesicherte Höhe ($p < 0.03$), die Beziehung ist bei dieser Ausprägung aber nur als wenig straff zu bezeichnen. JORDAN u. MÜNCH (1967) haben bereits darauf hingewiesen, daß der Vegetative Index nur ein sehr unsicheres Merkmal der vegetativen Gesamtsituation bietet. Immerhin muß in diesem Zusammenhang die qualitative Übereinstimmung mit dem Puls-Atem-Quotienten hervorgehoben werden, die auch den Erfahrungen von HILDEBRANDT u. ISHAG GEORGE (1973) entspricht und daher unsere Verwendung des Puls-Atem-Quotienten mit rechtfertigt.

Während das W.D. bisher fast ausschließlich in der Verkehrspsychologie zum Zwecke der Vigilanz-Prüfung angewandt wurde, kam es uns darauf an, durch Zeit- und Entscheidungsdruck vegetative Herz- und Kreislaufreaktionen herbeizuführen.

TÄNZER (1974) und WEYHMANN (1974) hatten jeweils zwei verschiedene Versuchsreihen durchgeführt. In der ersten liefen zwei in Schwierigkeitsgraden abgestufte Programme zuerst in jeweils 6, dann in 4 Minuten ab. Der Abstand zwischen zwei Signalen betrug dabei 0.9 bzw. 0.6 sec. Bei der anderen Versuchsreihe liefen die gleichen Signalprogramme in 8 bzw. 6 Minuten ab mit einem Signalabstand von 1.2 bzw. 0.9 sec. Dabei hat sich gezeigt, daß vor allem der schnellere Ablauf stärkere Herz-Kreislaufreaktionen hervorruft, während die vegetativen Reaktionen vom Schwierigkeitsgrad (Anzahl der Signalqualitäten) der beiden Programme weniger beeinflußt werden. Wir ließen deshalb für unsere psychovegetative Belastung jedes Programm nur einmal in 6 Minuten durchlaufen, so daß sowohl für das einfachere wie das schwierigere Programm jeweils ein Signalabstand von 0.9 sec. gegeben war.

Wie der Vergleich der vegetativen Reaktionen in Abbildung 4 zeigt, war dabei erneut zu beobachten, daß die während des ersten Programmdurchlaufs zu registrierenden Herz- und Kreislaufveränderungen sich während des zweiten (schwierigeren) Programms nicht mehr steigerten, so daß zu erwägen ist, ob man in Zukunft nicht den zweiten Programmdurchgang sparen und dadurch die ganze Untersuchung noch verkürzen kann.

Andererseits wirft natürlich die Erfahrung, daß neben der Kompliziertheit des Programms besonders die Geschwindigkeit der Signalfolge die Reaktionen beeinflußt, die Frage auf, ob es nicht besser wäre, bei weiteren Untersuchungen mit stufenweise steigender Signalfolgegeschwindigkeit analog der Ergometrie zu belasten. Dabei könnte man auch

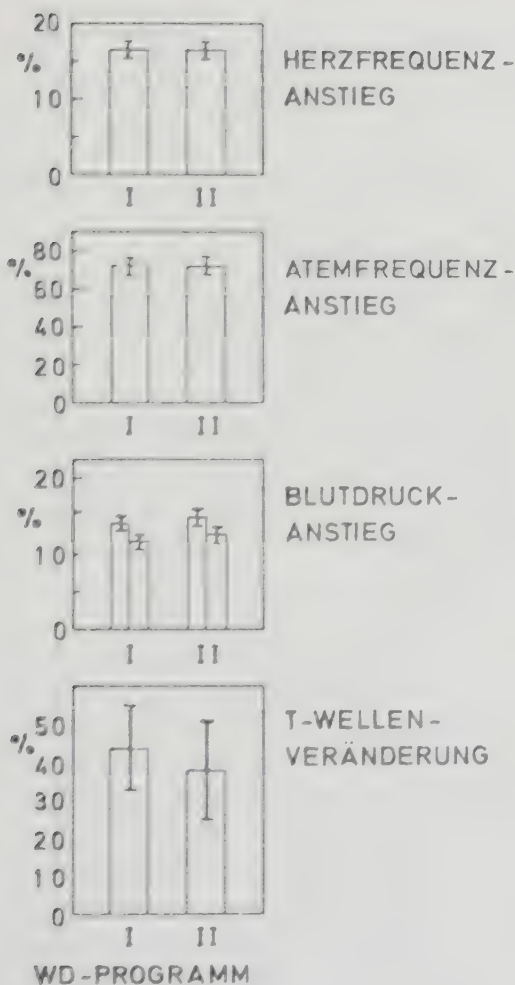


Abbildung 4 : Mittlerer Anstieg mit mittlerem Fehler des Mittelwertes (σ_M) von Herzfrequenz-, Atemfrequenz- und Blutdruckanstieg sowie mittlere T-Wellenveränderungen in den Programmen I und II bei der psychovegetativen Belastung mit dem Wiener Determinationsgerät.

die deutlich hervortretenden individuellen Belastbarkeitsunterschiede hinreichend berücksichtigen. Es wäre auf diese Art möglich, anhand der benutzten vegetativen Parameter die Entscheidung zu treffen, bis zu welcher Belastungsstufe der Patient engagiert mitmacht und wo er "abschaltet" (vergl. WEYHMANN et al. 1974). Die subjektiven Angaben unserer Patienten sprachen dafür, daß solche Grenzen bei der von uns verwandten Form der psychovegetativen Belastung erreicht bzw. überschritten werden können. Die Probanden gaben nahezu übereinstimmend eine starke Irritation am Wiener Determinationsgerät an und empfanden diese Untersuchung als belastender als die Ergometrie. Auch interessierte sie viel mehr, ob sie bei der psychischen Belastung gut oder schlecht abschnitten, als die erreichte Leistung auf dem Fahrradergometer. Bei den Untersuchungen am Wiener Determinationsgerät fiel auf, daß das Engagement der Patienten größtenteils schon an der Häufigkeit richtiger Reaktionen beurteilbar war. Es schien uns deshalb sinnvoll, einen statistischen Überblick über die Durchschnittsleistungen unserer Patienten zu gewinnen, um bei künftigen Untersuchungen dieser Art einen Vergleichsmaßstab zur Verfügung zu haben. Tabelle 4 enthält daher auch die Gesamtmittelwerte der richtigen, verspäteten, falschen und ausgelassenen Antworten unserer Patientengruppe mit Angabe der Streubreite (Standardabweichung) für beide Programmdurchläufe. Nach Maßgabe der einfachen Streuungsbereiche sind demnach Häufigkeiten richtiger Reaktionen im Bereich zwischen 110 und 251 für 400 Signale des Programms I und solche zwischen 143 und 260 für 400 Signale des folgenden Programms II als "normale" Durchschnittsleistungen unserer Probanden anzusehen, während Überschreitungen dieser Grenzen als unter- bzw. überdurchschnittliche Reaktionsleistungen gewertet werden können. In analoger Weise können solche Normalbereiche auch für die verspäteten, falschen und ausgelassenen Antworten aus den Angaben der Tabelle 4 entnommen werden.

2. Zu den Ergebnissen

Zunächst ist erwähnenswert, daß unter unseren Patienten diejenigen mit erhöhtem $Q_{P/A}$ überwiegen (47 %). Das entspricht bekannten Erfahrungen, nach denen sich die vegetative Reaktionslage der Menschen unter zivilisierten und industrialisierten Lebensbedingungen immer mehr zur sympathicotonen Seite verschiebt. Eine entsprechende Häufigkeitsverteilung fand HILDEBRANDT (1960). Außerdem wurden unsere Messungen am Tage vorgenommen, wo häufig Anstiege über 4.0 beobachtet werden, während der $Q_{P/A}$ in der Nacht dem Normwert 4.0 zustrebt. Schließlich wurden die Werte am sitzenden Probanden gemessen, so daß mit einer stärkeren ergotropen Einstellung als im Liegen gerechnet werden mußte (vgl. WECKENMANN, 1970). Dementsprechend haben wir in ähnlicher Weise wie SCHÄFER u. HILDEBRANDT (1954) den Normbereich des $Q_{P/A}$ mit 4.0 - 4.9 angesetzt.

Während die vegetative Ausgangslage, gemessen am $Q_{P/A}$, auf das Ausgangsmaß der Reaktionen von systolischem und diastolischem Blutdruck unter der psychovegetativen Belastung keinen signifikanten Einfluß hatte, haben unsere Untersuchungen gezeigt, daß sowohl das Verhalten der Pulsfrequenz als auch insbesondere das der Atemfrequenz in stärkerem Maße von der so bestimmten vegetativen Reaktionslage beeinflusst wird. Die mit steigendem Puls-Atem-Quotienten zunehmende Empfindlichkeit und Labilität der Pulsfrequenzreaktion auf die psychovegetative Belastung und die gleichzeitig starke Zunahme der Atemfrequenzanstiege bestätigen erneut die Erfahrung, daß eine Erhöhung des Puls-Atem-Quotienten über den Normbereich mit einer Neigung zur Labilität der Regulation und überschießenden Reaktionen einhergeht, während andererseits erniedrigte Quotientenwerte mit Stabilität bzw. Starre der vegetativen Regulationen verbunden sind (HILDEBRANDT, 1954; 1960; 1962; HENTSCHEL, 1960; STALLING, 1960; NUNHÜFER, 1974; STREMPER u. HILDEBRANDT, 1974; u.a.).

Besonders bemerkenswert erscheint uns, daß mit unseren Ergebnissen erneut die Erfahrung bestätigt werden kann, daß gerade der Atemfrequenz eine besondere Bedeutung für die Beurteilung der vegetativen Regulationsdynamik zukommt (HILDEBRANDT, 1954). Diesem Tatbestand wird in der Klinik noch keineswegs Rechnung getragen, vielmehr wird die Messung der Atemfrequenz in der Regel völlig vernachlässigt und bevorzugt die Pulsfrequenz als Indikator der vegetativen Reaktionslage verwendet.

In gleicher Weise wie Herz- und Atemfrequenz zeigten auch die EKG-Veränderungen bei psychovegetativer Belastung eine Abhängigkeit von der vegetativen Ausgangslage, wie sie sich im $Q_{P/A}$ widerspiegelt. ST-Veränderungen, die insgesamt 13 mal (11.8 %) unter der psychovegetativen Belastung auftraten, fanden sich am häufigsten in der labilen Gruppe mit stark erhöhtem $Q_{P/A}$ (über 6.0), obwohl die sicher Koronarkranken an allen vier Teilgruppen einen ähnlich großen Anteil stellten (vgl. dazu Tabelle 3 und 6). Ein Viertel dieser Gruppe hatte pathognomonische ST-Verlagerungen, die für eine Belastungskoronarinsuffizienz sprechen. Dieser Zusammenhang war deutlicher als eine Verknüpfung der Häufigkeit der ST-Veränderungen mit der Diagnose. ST-Veränderungen fanden sich bei Koronarkranken wie bei Nichtkoronarkranken in gleicher Häufigkeit (vgl. Tabelle 6). Dies spricht dafür, daß das Auftreten einer Koronarinsuffizienz unter psychovegetativer Belastung mehr von der vegetativen Reaktionslage als von der Tatsache einer manifesten oder (noch ?) nicht manifesten Koronarerkrankung abhängig ist. Die Gruppe der Labilen, sympathicotone Übersteuerten hat unter psychovegetativer Belastung infolge erhöhter Katecholaminausschüttung offenbar den größten myokardialen Sauerstoffverbrauch. Dieser Befund ist umso überraschender, als TÄNZER (1974) und WEYHMANN (1974) bei ihren Belastungen am W.D. ST-Veränderungen nur bei Koronarkranken und in keinem Fall bei Nichtkoronarkranken fanden. Sie sahen aber auch, daß Diskrepanzen zwischen der ergometrischen und psychovegetativen Belastung bestanden.

T-Wellenveränderungen wurden insgesamt 29 mal (26.3 %), also in über einem Viertel der Fälle am W.D. gefunden. Sie erwiesen sich insofern als diagnoseabhängig, als sie bei Koronarkranken häufiger (22 mal = 27.8 %) vorkamen als bei Nichtkoronarkranken (7 mal = 22.6 %). Andererseits war eine Häufigkeit in der Gruppe mit normalem und mäßig erhöhtem $Q_{P/A}$ mit einem Maximum der Häufigkeit in der Gruppe $Q_{P/A}$ 5.0 - 5.9 deutlich, in der auch die häufigsten Eytrasystolen auftraten. Eine Gegenüberstellung von T-Wellenveränderung und Pulsfrequenz (Abbildung 2) zeigt in gleicher Weise wie bei WEYHMANN (1974), daß die Fälle mit T-Wellenabflachung mit dem stärksten prozentualen Herzfrequenzanstieg einhergehen, so daß man auch in diesen Fällen berechtigt ist, die T-Erniedrigung als "Ermüdungs-T" nach HOLZMANN (1965) zu bezeichnen. Diese Fälle scheinen diejenigen zu sein, die neben denen mit ST-Senkung die größte Empfänglichkeit gegenüber psychovegetativem Stress aufweisen.

Wie Abbildung 4 zeigt, ändert sich die durchschnittliche T-Höhe während des zweiten Programms gegenüber dem ersten kaum, was übrigens auch für die Veränderungen von Herzfrequenz, Blutdruck und Atemfrequenz gilt.

Von besonderer Bedeutung für die Beurteilung der Wirkungsweise psychovegetativer Belastungen ist der Befund, daß sich die 13 mal vorhandenen ST-Senkungen am W.D. 7 mal bei der Ergometrie nicht realisieren ließen; obwohl der Herzfrequenzanstieg bei der Ergometrie stets höher als am W.D. lag. Dieser Befund legt die Vermutung nahe, daß die verschiedenen Belastungsarten auf verschiedenen Wegen in den Stoffwechsel des Herzens eingreifen, was wahrscheinlich mit dem Überwiegen von Adrenalin oder Noradrenalin bei psychovegetativer bzw. körperlicher Belastung zusammenhängt. Dafür könnte auch die Tatsache sprechen, daß die T-Veränderungen meist isoliert am W.D. oder bei der Ergometrie vorkamen und sich nur in einem kleinen Teil der

Fälle überschritten. Interessant ist weiterhin, daß isolierte ST-Verlagerungen häufiger bei der körperlichen, isolierte T-Veränderungen öfter bei der psychovegetativen Belastung vorkamen. Erfahrungsgemäß reagiert die ST-Strecke mehr auf hypoxische Herzstoffwechselstörungen, wie sie durch körperliche Belastung bei organischer Koronarstenose auszulösen sind, die T-Welle vorwiegend auf vegetative Stoffwechselbeeinflussung. In ähnlicher Weise wie TÄNZER (1974) fanden wir bei der Ergometrie fast doppelt so viel Ischämiereaktionen wie am W.D.

Einen weiteren Hinweis dafür, daß die vegetative Ausgangslage für die ergometrischen ST-Reaktionen von geringerer Bedeutung ist als für die ST-Verlagerung unter psychovegetativer Belastung, gibt die Tatsache, daß erstere sich ohne erkennbares Maximum über alle $Q_{P/A}$ -Gruppen verteilen, während - wie erwähnt - die Häufigkeit von ischämischen ST-Reaktionen am W.D. mit steigendem $Q_{P/A}$ zunahm, und zwar auch in der Gruppe der Koronarkranken allein.

Nach den genannten Erfahrungen ist zu erwarten, daß die vegetative Reaktionslage, wie sie mit der Bestimmung des Puls-Atem-Quotienten erfaßt werden kann, ihren verstärkenden Einfluß auf die Empfindlichkeit gegenüber psychovegetativen Belastungen überwiegend über Umfang und Zusammensetzung der Katecholaminausschüttung aus dem Nebennierenmark ausübt. Die Zunahme des Adrenalinanteils unter emotionaler Belastung ist gut bekannt (RUTENFRANZ et al., 1972; KLIMMER et al., 1972). Direkte Vergleichsmessungen zwischen Puls-Atem-Quotient und Katecholaminspiegel sind offenbar bisher nicht durchgeführt worden. Unsere Ergebnisse können aber einige Hinweise in dieser Richtung geben. So dürfte der im Vergleich zur ergometrischen Belastung mit steigendem Puls-Atem-Quotienten höhere Pulsanstieg unter psychovegetativer Belastung darauf zurückgeführt werden können, daß das Adrenalin im Gegensatz zum Noradrenalin stärker herzfrequenz-

quenzsteigernd wirkt. Die unterschiedliche Steilheit der Regressionen in Abbildung 2 könnte somit die Unterschiede im Ausscheidungsmuster der Katecholamine in Abhängigkeit von der vegetativen Reaktionslage widerspiegeln. Von Interesse ist in diesem Zusammenhang auch, daß Beziehungen zwischen dem Puls-Atem-Quotienten und der körperlichen Leistungsfähigkeit bestehen. Wie aus Abbildung 2 hervorging, nimmt die Pulsfrequenz bei 100 Watt ergometrischer Belastung mit steigendem Puls-Atem-Quotienten zu. Während die Korrelation der vier Gruppenmittelwerte mit $r = + 0.91$ auf dem 8%-Niveau der Signifikanz lag, erreichte diese positive Beziehung zwischen Puls-Atem-Quotient und Leistungspulsfrequenz bei 100 Watt mit $r = + 0.15$ nur das 15%-Niveau der statistischen Sicherheit. BAIER et al. (1974) haben bei Untersuchungen an Kurpatienten gleichfalls Anhalte dafür gefunden, daß der Puls-Atem-Quotient in negativer Beziehung zur körperlichen Leistungsfähigkeit steht. Unter Berücksichtigung dieser Beziehung läßt sich auch aus unseren Ergebnissen folgern, daß ein guter körperlicher Leistungszustand einen Schutz gegen übersteigerte Auswirkungen einer psychovegetativen Stressbelastung darstellt. Entsprechende Feststellungen haben z.B. CLASING u. v. SCHMIDT (1974) bei der Untersuchung von Volleyballschiedsrichtern gemacht.

Beziehungen zwischen Leistungsfähigkeit und vegetativer Reaktionslage lassen sich schließlich auch am Einfluß des Puls-Atem-Quotienten auf die Reaktionsleistungen aufzeigen. Hier ist es besonders bemerkenswert, daß die Leistungen im Normalbereich des Quotienten ein Optimum durchliefen, während sowohl erhöhte als auch erniedrigte Ausgangslagen verminderte Leistungsfähigkeit am W.D. zeigten. Dieses Verhalten ist durchaus verständlich, wenn man davon ausgeht, daß die Reaktionsleistungen nicht allein von der körperlichen Leistungsfähigkeit mitbestimmt werden, sondern vor allem auch von der psychischen

Leistungsfähigkeit (z.B. Vigilanz) abhängig sind. Hier dürfte sich eine zu große Starre der vegetativen Hintergrundsregulationen ebenso ungünstig auswirken wie die überschießende sympathische Mitaktivierung und Labilisierung bei erhöhtem Puls-Atem-Quotienten (vgl. dazu HILDEBRANDT u. NUNHÖFER, 1974; HILDEBRANDT, 1954). Für verschiedene Regulationsvorgänge ist bereits das ökonomische Optimum im Normbereich des Puls-Atem-Quotienten gefunden worden (HILDEBRANDT, 1960).

Die von uns gefundene Unabhängigkeit der psychovegetativen Effekte von der Organdiagnose einerseits und der dominierende Einfluß der mit dem Puls-Atem-Quotienten erfaßbaren vegetativen Reaktionslage andererseits lassen es ratsam erscheinen, der einfachen Bestimmung dieses Quotienten gerade auch im Hinblick auf die präventiven Maßnahmen gegenüber der zunehmenden psychovegetativen Belastung der modernen Lebensformen auch in der Praxis größere Beachtung zu schenken.

V. ZUSAMMENFASSUNG

110 Patienten einer Kurklinik für Herz- und Kreislaufranke wurden außer einer ergometrischen Belastungsuntersuchung auch einer psychovegetativen Belastungsprobe am Wiener Determinationsgerät unterzogen. Das Prinzip dieses Gerätes besteht darin, durch zeitgebundene Darbietung verschiedener optischer und akustischer Signale, die innerhalb bestimmter Intervalle beantwortet werden müssen, die Situation eines Zeit- und Entscheidungsdruckes zu simulieren. Herz- und Atemfrequenz, Blutdruck und Brustwand-EKG wurden in einer Vorperiode, während der 12-minütigen Belastungsperiode und einer anschließenden Erholungszeit registriert. Zur Bestimmung der individuellen vegetativen Reaktionslage wurde der Puls-Atem-Quotient errechnet und einer Einteilung des Kollektivs in vier Gruppen zugrundegelegt.

Das Verhalten von Herzfrequenz, Atemfrequenz, Blutdruck und ST-Verlagerung im EKG zeigte unter der psychovegetativen Belastung ebenso wie die Reaktionsleistung eine Abhängigkeit von der vegetativen Ausgangslage. Im einzelnen fand sich bei erhöhtem Puls-Atem-Quotienten eine grössere interindividuelle Variabilität der Herzfrequenzsteigerung. Bezogen auf das Leistungspulsverhalten bei 100 W ergometrischer Belastung nahm die Herzfrequenzsteigerung bei der psychovegetativen Belastung mit höherem Puls-Atem-Quotienten zu. Die Atemfrequenzzunahme bewegte sich zwischen 50 und 112 % der Ausgangswerte und wurde mit zunehmendem Puls-Atem-Quotienten kontinuierlich größer. Hinsichtlich des Blutdruckes war lediglich eine Tendenz zur Abnahme der Reaktionsamplitude mit höheren Werten des Puls-Atem-Quotienten sichtbar. Verlagerungen der ST-Strecke während der Belastung am Wiener Determinationsgerät nahmen mit steigendem Puls-Atem-Quotienten an

Häufigkeit zu, und zwar sowohl bei nichtkoronarkranken als auch bei koronarkranken Patienten allein. Die beste Reaktionsleistung fand sich in der Gruppe mit normalen Puls-Atem-Quotienten.

Ein Vergleich der EKG-Veränderungen während der psychovegetativen und der Ergometerbelastung ergab, daß die Patienten, bei denen ST-Verlagerungen, T-Erhöhungen oder Abflachungen bzw. Extrasystolen auftraten, nicht identisch waren. Es wird daraus geschlossen, daß die verschiedenen Belastungsarten auf unterschiedlichen Wegen in den Herzmuskelstoffwechsel eingreifen. Solche ST-Veränderungen, die isoliert nur bei einer Belastungsart auftraten, waren am häufigsten am Ergometer, isoliert gefundene T-Wellen-Veränderungen am häufigsten am Wiener Determinationsgerät zu beobachten. Für die Ischämiereaktion am Ergometer scheint die vegetative Ausgangslage, wie sie sich im Puls-Atem-Quotienten darstellt, nicht in gleicher Weise von Bedeutung zu sein, wie dies bei der psychovegetativen Belastung am Wiener Determinationsgerät deutlich wurde.

I. L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

1. BAIER et al.: Mündliche Mitteilung.
2. CANNON,P.: Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rage. An Account of Recent Researches into the Functions of Emotional Excitement. New York (1929)
3. CANNON,W.D.: Die Notfallsfunktionen des Sympatico-adrenalen Systems. Ergebn. Physiol. 27, 380 - 406 (1928)
4. CHRISTIAN,P.: Risikofaktor und Risikopersönlichkeit beim Herzinfarkt. Verh. Dtsch. Ges. Kreislaufforsch. 32 , 97 - 107 (1966)
5. CLASING,D. u. R.v.SCHMIDT: Herzfrequenz und psychische Anspannung bei Volleyballschiedsrichtern. Herz/Kreislauf 6, 446 - 451 (1974)
6. DELIUS,L.: Der Herzmuskel bei primären Störungen des Gefäßsystems. Verh. Dtsch. Ges. Kreislaufforsch. 22, 157 - 180 (1956)
7. GROTJAHN,M. u. H.MENSEN: Was ist Stress ? Hippokrates 44, 355 - 367 (1973)
8. HAHN,P.: Der Herzinfarkt in psychosomatischer Sicht. Vandenhoeck u. Ruprecht, Göttingen 1971
9. HENTSCHEL,H.D.: Neurovegetative Bäderwirkungen unter besonderer Berücksichtigung der Konstitution. Z. angew. Bäder- u. Klimaheilk. 7 , 352 - 367 (1960)
10. HILDEBRANDT,G.: Über die rhythmische Funktionsordnung von Puls und Atem. Z. klin. Med. 150, 445 - 454 (1953)
11. HILDEBRANDT,G.: Bäderekuren und biologische Rhythmen. Dtsch. med. Wschr. 79, 1404-1405 (1954)
12. HILDEBRANDT,G.: Die rhythmische Funktionsordnung von Puls und Atem. Z.angew. Bäder- u. Klimaheilk. 7 , 533 - 615 (1960)

13. HILDEBRANDT, G.: Reaktionsprognostik in der Balneotherapie.
Arch. phys. Th. (Leipzig) 14, 39-52 (1962)
14. HILDEBRANDT, G. u. B. ISHAG GEORGE: Untersuchungen über die Bedeutung anamnestischer Fragen für die Bestimmung vegetativer Reaktionstypen.
Z. angew. Bäder- u. Klimaheilk. 20, 237 - 273 / 365 - 385 (1973)
15. HILDEBRANDT, G. u. CHR. NUNHÖFER: Zur Frage der reaktiven Periodik des erythropoetischen Systems.
Untersuchungen in 1200 m Höhe und nach Aderlaß.
Österr.-Deutsch-Schweizer Kongr. für Balneol. Klimatol. u. physikal. Med., Salzburg 13. - 16.10.1974
Z. Physikal. Med. (Im Druck)
16. HOFFMANN, H.: zit. n. GROTJAHN, M. u. H. MENSEN (1973)
17. HOLZMANN, M.: Klinische Elektrokardiographie.
Stuttgart 1966
18. JORDAN, H. u. H. MÜNCH: Kritische Untersuchungen zum "Vegetativen Index" nach Kerdö.
Wien, Z. inn. Med. 48, 302 - 311 (1967)
19. KERDÖ, I.: Ein aus Daten der Blutzirkulation kalkulierter Index zur Beurteilung der vegetativen Tonuslage.
Acta neuroveg. 29, 250 - 268 (1966)
20. KLEBELSBERG, D.: Wiener Determinationsgerät.
Diagnostica IV, Heft 4 (1960)
21. KLEBELSBERG, D.: Prüfung eines Analgeticums hinsichtlich der Fahrtüchtigkeit.
Z.f.Verkehrssicherheit 7, 2 (1961)
22. KLEBELSBERG, D.: Unterschiedliche Auswirkung einer Blutalkoholkonzentration von 1,0 Promille bei einzelnen psychischen Komponenten der Fahrtüchtigkeit.
Z.f.Verkehrssicherheit 7, 2 (1961)
23. KLIMMER, F., H. M. AULMANN u. J. RUTENFRANZ: Katecholaminausscheidung im Urin bei emotional und mental belastenden Tätigkeiten im Flugverkehrskontrolldienst.
Int.Arch.Arbeitsmed. 30, 65 - 80 (1972)
24. KRÖGER, K.: Metabolische Aspekte der ischämischen Herzerkrankung.
Med.Kl. 62, 1381 - 1384 (1967)

25. MELLEROWICZ, H.: Ergometrie.
Urban und Schwarzenberg, München u.
Berlin 1974
26. NUNHÖFER, Chr.: Vergleichende Untersuchungen über den
Zeitverlauf der erythropoetischen
Reaktionen nach Aderlaß und Höhenexpo-
sition.
Med. Inaug. Diss. Marburg/Lahn 1975
27. PÖLLMANN, L. u. G.HILDEBRANDT: Über die Frequenzkoordinat-
ion von Herzschlag und Atmung während
des Nachtschlafes in Abhängigkeit von
der Tagesbelastung.
Int. Z. angew. Physiolog. 28, 273-291
(1970)
28. POLZIEN, P.: Erfassung latenter Regulationsstörungen
durch das psychische Belastungs-EKG.
Klin. Wschr. 30, 411 - 413 (1952)
29. RAAB, W.: Hormonal and Neurogenic Cardiovascular
Disorders.
Baltimore 1953
30. RAAB, W.: Loafer's Heart.
Arch. intern. Med. 101, 194-198 (1958)
31. RAAB, W.: Key Positions of Catecholamines in
Functional and Degenerative Cardiovascu-
lar Pathologie.
Amer. J. Cardiol. 5, 571 (1960)
32. ROSENMAN, R.H., M.FRIEDMAN, R.STRAUSS, M.WURM,
C.D.JENKINS, H.B.MESSINGER:
Coronary Heart Disease in the Western
Collaborative Group Study.
J.A.med.Ass. 195, 130 - 136 (1966)
33. SALINGER, H.: Die rechnerische Auswertung statistischer
Beobachtungsergebnisse.
In TH. BRUGSCH u. F.H.LEWY
(Herausg.): Die Biologie der Person.
Bd. I, Urban u. Schwarzenberg, Berlin
u. Wien 1926, S. 135 - 190
34. SCHÄFER, H.F. u. G.HILDEBRANDT: Praktisch-balneologische
Erfahrungen mit dem Puls-Atem-Quotienten.
Arch. phys. Ther. 6, 375-382 (1954)
35. SCHERF, A.: Die Veränderungen der Herzdynamik im
Zusammenhang mit den vegetativen Umstel-
lungen im Verlauf von CO₂-Bäderkuren.
Med. Inaug. Diss. Marburg/Lahn 1958
36. SIEGENTHALER, W.: Klinische Physiologie.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1970

37. SMIRNOW, K.M.: Der Vorstartzustand und die Emotion.
In: K.M. SMIRNOW (Herausg.): Sport-
physiologie.
VEB-Verlag, Volk- u. Gesundh. 1974,
S. 303 - 316
38. STALLING, W.: Veränderungen der Pulsfrequenzregulation
im Zusammenhang mit vegetativen Umstel-
lungen während der CO₂-Bäderkur in Bad
Orb.
Arch.physikal.Ther. 12, 127 - 143 (1960)
39. STREMPER, H.: Über die Veränderungen der isotonischen
und isometrischen Kontraktionsphase des
menschlichen Herzens bei körperlicher
Arbeit.
Med. Inaug.Diss. Marburg/Lahn 1969
40. STREMPER, H. u. G.HILDEBRANDT: Zur Prognostik funktioneller
Adaptationsverläufe.
Österr.-Deutsch-Schweizer Kongr.f.Balneol.,
Klimatol. u. Physikal.Med., Salzburg
13. - 16. 10. 1974
Z.Physikal.Med. (Im Druck)
41. TÄNZER, J.: Herz- und Kreislaufuntersuchungen bei
Koronarkranken während dosierter psycho-
vegetativer Belastung am Wiener Deter-
minationsgerät.
Med. Inaug.Diss. Marburg/Lahn 1974.
42. TÄNZER, J., I.WEYHMANN, H.ZIPP u. G.HILDEBRANDT:
Herz- und Kreislaufuntersuchungen bei
Koronarkranken während dosierter psycho-
vegetativer Belastung am Wiener Deter-
minationsgerät.
Herz/Kreislauf 6, 249 - 257 (1974)
43. ULBRECHT, G.: Sensorische Leistungsgrenzen.
23. Flugmedizin. Arbeitstagung des Flug-
medizin.Inst.d.Luftwaffe, Fürstenfeld-
bruck 5. - 6. 11. 1974
Ärztl. Praxis (Im Druck)
44. VALENTIN, H.: Beanspruchung und Überlastung.
23. Fortbildungskongress der Bayerischen
Landesärztekammer, Nürnberg (1972)
45. WECKENMANN, M.: Die Wirkung von Cardiodoron B bei Patien-
ten mit orthostatischem Symptomenkomplex.
Med. Welt 12, 515 (1970)
46. WEYHMANN, I.: Kreislaufreaktionen und EKG-Veränderungen
bei 49 Nichtkoronarkranken unter psycho-
vegetativer Belastung am Wiener Determi-
nationsgerät.
Med. Inaug. Diss. Marburg/Lahn 1975.

47. WEYHMANN, I., H. ZIPP u. G. HILDEBRANDT:
Kreislaufreaktionen und EKG-Veränderungen
bei 49 Nichtkoronarkranken unter psycho-
vegetativer Belastung am Wiener Deter-
minationsgerät - mit einem Beitrag zur
Standardisierung der Methodik.
Therapiewoche 24, 3741 - 3752 (1974)

Die Arbeit entstand im Sanatorium Fürstenhof in Bad Wildungen, das unter der Leitung von Herrn Dr. med. H. Zipp steht. Durch die enge Zusammenarbeit mit dem Institut für Arbeitsphysiologie und Rehabilitationsforschung der Universität Marburg unter der Leitung von Herrn Professor Dr. med. G. Hildebrandt wurden Umfang und Niveau der Arbeit, sowie die endgültige Formulierung der Arbeit festgelegt.

Beide Herren skizzierten mir den Weg, der zu begehen war, sowie die praktischen Untersuchungen und die theoretischen Überlegungen. Sie überwachten meine Arbeitsweise, prüften die Zwischenergebnisse und gaben neue Anregungen.

Herrn Professor Dr. G. Hildebrandt und Herrn Dr. H. Zipp möchte ich für ihre Hilfe und ständige Bereitschaft zur Diskussion danken.

.

L e b e n s l a u f .

Am 13. Juni 1940 wurde ich in Frankenberg/Eder als Tochter des Arztes Dr. med. O. Kahm und dessen Ehefrau Anna, geb. Hausknecht geboren. Seit 1945 war Haina/Kloster der ständige Wohnsitz.

Nach 4 Jahren Volksschule und 9 Jahren Gymnasium machte ich im März 1960 Abitur am Edertal-Gymnasium in Frankenberg. Im Sommersemester 1960 Beginn des Medizinstudiums an der Philipps-Universität in Marburg, naturwissenschaftliche Vorprüfung am 24.4.1961, ärztliche Vorprüfung am 29. 10. 1962. 2 Semester Besuch der Rhein. Friedrich Wilhelm Universität in Bonn, das übrige klinische Studium erfolgte an der Philipps-Universität in Marburg. Am 11.8.1966 legte ich die ärztliche Prüfung ab.

Als Medizinalassistentin war ich tätig in der Universitäts-Kinderklinik Marburg (15.9.66 bis 31.1.67), im Psychiatrischen Krankenhaus Haina/Kloster (15.8.67 bis 31.12.67), auf der Chirurgischen Abteilung des Stadtkrankenhauses Bad Wildungen (1.1.68 bis 31.5.68), auf der Inneren Abteilung des Kreiskrankenhauses Frankenberg/Eder (20.6.68 bis 31.12.68) und auf der Gynäkolog.-geburtshilflichen Abteilung des Kreiskrankenhauses Frankenberg/Eder (1.1.69 bis 30.4.69).

Am 30. April 1969 erhielt ich die Bestallung als Ärztin. Nach einigen Praxisvertretungen war ich vom 1.7.73 bis 31.10.74 im Sanatorium Fürstenhof in Bad Wildungen als Assistentin tätig.

Seit August 1966 bin ich mit dem Arzt Dr. med. Rolf Bluttner verheiratet und habe 2 Kinder.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren und Dozenten:

Bayer, Beckmann, Behrend, Berendes, Bickel, Böhm, Bommer, Braun-Falco, Brinkmann, Buchholz, Bücher, Cleve, Deicher, Dimroth, Dittrich, Dölle, Domenjoz, Drawert, du Mesnil de Rochemont, Exner, Falke, Franke, Habs, Haferkamp, Hamm, Hamperl, Hanack, Hardewig, Hartmann, Havemann, Hensel, Hess, Heuser, Heymer, Hildebrandt, Hornung, Imdahl, Jacob, Knauff, Korth, Korte, Kuss, Lang, Lange, Langendörfer, Linneweh, Löhr, Lübbers, Lühtrath, Mahr, Mann, Martini, Marx, Mundt, Neubauer, Niessing, Oberhoffer, Oksche, Oehme, Oehmig, Penitschka, Petry, Petzoldt, Poetschke, Richter, Rodeck, Rohen, Sauer, Schaede, Schiff, Schleyer, Schmid, Schmidt, Schmitz, Schreiber, Schwaiger, Siegert, Siess, Stender, Straub, Streicher, Tiemann, Tünnerhoff, Vogt, von Eiff, Walcher, Wendt, Würterle.

